

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

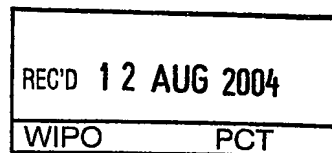
21. 7. 2004
PCT/JP 2004/010684

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 7 月 2 5 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 2 0 1 9 6 7
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 0 1 9 6 7]



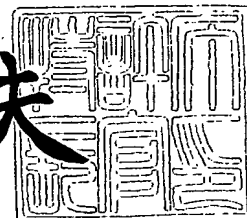
出 願 人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 5 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 3 8 9 2 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 0390142504

【提出日】 平成15年 7月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01P 1/212
H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 難波田 康治

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100122884

【弁理士】

【氏名又は名称】 角田 芳末

【電話番号】 03-3343-5821

【選任した代理人】

【識別番号】 100113516

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯山 弘信

【電話番号】 03-3343-5821

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 176420

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206460

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 MEMS型共振器及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部電極が形成された基板と該基板上に形成されたビームとを備え、

前記基板と前記ビームの間に少なくとも 1 つの支柱を有して成ることを特徴とする MEMS 型共振器。

【請求項 2】 前記支柱は、前記ビームの所望の振動モードの節に対応した位置に形成されて成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の MEMS 型共振器。

【請求項 3】 前記支柱の上下両端が、前記基板及び前記ビームと一体化されて成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の MEMS 型共振器。

【請求項 4】 前記支柱は、一端が前記基板又は前記ビームと一体化され、他端が前記ビーム又は基板と接触しないように形成されて成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の MEMS 型共振器。

【請求項 5】 前記基板の下部電極が、高周波信号の入力電極と、高周波信号の出力電極とから成る

ことを特徴とする請求項 1 記載の MEMS 型共振器。

【請求項 6】 基板上に下部電極を形成する工程と、

前記下部電極を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層の支柱を形成すべき部分に前記基板に達する開孔を選択的に形成する工程と、

前記犠牲層上にビームを形成すると共に、前記開孔内に前記ビームと前記基板に一体化した支柱を形成する工程と、

前記犠牲層を除去する工程とを有する

ことを特徴とする MEMS 型共振器の製造方法。

【請求項 7】 基板上に下部電極と支柱を形成する工程と、

前記下部電極と前記支柱を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層上にビームを形成する工程と、

前記犠牲層を除去する工程とを有する

ことを特徴とするMEMS型共振器の製造方法。

【請求項 8】 基板上に下部電極を形成する工程と、

前記下部電極を含む前記基板上に犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層の支柱を形成すべき部分に前記基板に達しない深さの開孔を選択的に形成する工程と、

前記犠牲層上にビームを形成すると共に、前記開孔内にビームと一体化した支柱を形成する工程と、

前記犠牲層を除去する工程とを有する

ことを特徴とするMEMS型共振器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、MEMS型共振器及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、マイクロマシン（MEMS：Micro Electro Mechanical Systems、超小型電氣的・機械的複合体）素子、及びMEMS素子を組み込んだ小型機器が、注目されている。MEMS素子の基本的な特徴は、機械的構造として構成されている駆動体が素子の一部に組み込まれていることであって、駆動体の駆動は、電極間のクローン力などを応用して電氣的に行われる。

【0003】

半導体プロセスによるマイクロマニシング技術を用いて形成された微小振動素子は、デバイスの占有面積が小さいこと、高いQ値を実現できること、他の半導体デバイスとの集積が可能なこと、という特長により、無線通信デバイスの中でも中間周波数（IF）フィルタ、高周波（RF）フィルタとしての利用がミシガン大学を始めとする研究機関から提案されている（非特許文献1参照）。

【0004】

図14は、非特許文献1に記載された高周波フィルタを構成する振動素子、即ちMEMS型の振動素子の概略を示す。この振動素子1は、半導体基板2上に絶縁膜3を介して例えば多結晶シリコンによる入力側配線層4と出力電極5が形成され、この出力電極5に対向して空隙6を挟んで例えば多結晶シリコンによる振動可能なビーム、所謂ビーム型の振動電極7が形成されて成る。振動電極7は、両端のアンカー部（支持部）8〔8A, 8B〕にて支持されるように、出力電極5をブリッジ状に跨いで入力側配線層4に接続される。振動電極7は入力電極となる。入力側配線層4の端部には、例えば金（Au）膜9が形成される。この振動素子1では、入力側配線層4の金（Au）膜9より入力端子t1、出力電極5より出力端子t2が導出される。

【0005】

この振動素子1は、振動電極7と接地間にDCバイアス電圧V1が印加された状態で、入力端子t1を通じて振動電極7に高周波信号S1が供給される。即ち、入力端子t1からDCバイアス電圧V1と高周波信号S1が重畳された入力信号が供給される。目的周波数の高周波信号S1が入力されると、長さLで決まる固有振動数を有する振動電極7が、出力電極5と振動電極7間に生じる静電力で振動する。この振動によって、出力電極5と振動電極7との間の容量の時間変化とDCバイアス電圧に応じた高周波信号が出力電極5（したがって、出力端子t2）から出力される。高周波フィルタでは振動電極7の固有振動数（共振周波数）に対応した信号が出力される。

【0006】

これまでに提案され、検証された微小振動子の共振周波数は、最高でも200MHzを超えず、従来の表面弾性波（SAW）あるいは薄膜弾性波（FBAR）によるGHz領域のフィルタに対して、微小振動子の特性である高いQ値をGHz帯周波数領域で提供することができていない。

【0007】

現在のところ、一般的に高い周波数領域では出力信号としての共振ピークが小さくなる傾向があり、良好なフィルタ特性を得るためには、共振ピークのSN比

を向上する必要がある。ミシガン大学の文献に係るディスク型の振動子によれば、出力信号のノイズ成分は、入力電極なる振動電極 7 と出力電極 5 間に構成される寄生容量 C_0 を直接透過する信号によっている。一方においてディスク型の振動子で、十分な出力信号を得るには、30 V を超える DC バイアス電圧が必要であるために、実用的な振動電極構造としては両持ち梁を用いたビーム型の構造であることが望ましい。

【0008】

しかし、上述の図 14 の振動素子 1 の場合、振動電極 7 と出力電極 5 間の空隙 6 が小さく、両電極 7 及び 5 の対向面積も所要の大きさを持っているので、入力電極となる振動電極 7 と出力電極 5 間の寄生容量 C_0 が大きくなる。このため、寄生容量 C_0 のインピーダンス Z_0 と、共振系（抵抗 R_x ，インダクタンス L_x ，容量 C_x ）のインピーダンス Z_x との比 Z_0/Z_x が小さくなり、出力信号の SN 比が小さくなる。振動電極 7 と出力電極 5 間の空隙を小さくして出力信号を大きく取ろうとすれば、寄生容量 C_0 も大きくなるという、ジレンマを抱える。

【0009】

【非特許文献 1】

C. T. - Nguyen, "Micromechanical components for miniaturized low-power communications (invited plenary)," proceeding S1999 IEEE MTT-S International Microwave Symposium RF MEMS Workshop, June, 18, 1999, pp. 48-77.

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

一方、本出願人は、先に特願 2003-11648 号において、ノイズ成分の低減を図った MEMS 型共振器を提案した。図 13 は、この MEMS 型共振器の概略を示す。基本的には DC バイアスを印加したビームとなる振動電極を、入出力電極間に配置してノイズ成分の低減を図っている。本 MEMS 共振器 11 は、図 13 に示すように、例えば表面に絶縁膜を有するシリコン半導体基板 12 上に

所要の間隔を置いて高周波信号を入力する入力電極 14 と高周波信号を出力する出力電極 15 を形成し、これら入出力電極 14、15 上に空隙 16 を挟んで対向するビーム、即ち振動電極 17 を配置して成る。振動電極 17 は入出力電極 14、15 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 14、15 の外側に配置した配線層に接続されるように、両端を指示部（いわゆるアンカー部）19〔19A, 19B〕で一体に支持される。

【0011】

この MEMS 型共振器 11 では、振動電極 17 に所要の DC バイアス電圧 V_1 が印加され、入力電極 14 に高周波信号 S_1 が入力される。目的周波数の高周波信号が入力されると、振動電極 17 と入力電極 14 間に生じる静電力で例えば図 13 に示すように、2 次の振動モードで振動電極 17 が共振する。入出力電極 14 及び 15 の対向面積が小さく且つ入出力電極 14 及び 15 間の間隔を大きくすることができるので、入出力電極 14 及び 15 間の寄生容量 C_0 を小さくすることができる。また、大きな出力信号を得るために振動電極 17 と入出力電極 14、15 との空隙 16 の間隔を小さくすることができる。このため、図 14 に比べて出力信号のノイズ成分を低減し、SN 比を図ることが可能になる。

【0012】

ところで、図 13 の MEMS 型共振器 11 においては、より大きな出力信号を得るために振動電極 17 と入出力電極 14、15 間の空隙 16 を小さくして行った場合、製造工程におけるウェットプロセス、特に犠牲層の除去工程で、振動電極 17 が基板 12 に吸着される虞れがある。また、多次の振動モードに適用するとき、所望次数の振動モードの選択が難しい。即ち、多次の振動モードが混在する虞れがある。

【0013】

本発明は、上述の点に鑑み、MEMS 製造工程時のウェットプロセスによるビームの基板への吸着を抑え、また、動作時に所要の振動モード以外の不要な振動モードが混在しない MEMS 型共振器及びその製造方法を提供するものである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るMEMS型共振器は、下部電極が形成された基板と、この基板上に形成されたビームとを備え、基板とビームの間に少なくとも1つの支柱を有して構成する。

支柱は、ビームの所望の振動モードの節に対応した位置に形成することができる。支柱は、その上下両端を基板及びビームと一体化して形成することができる。あるいは支柱は、その一端を基板又はビームと一体化し、その他端を基板又はビームに接触しないように形成することができる。

基板の下部電極としては、高周波信号の入力電極と、高周波信号の出力電極とから形成した構成とすることができる。

【0015】

本発明のMEMS型共振器では、基板と振動するビームとの間に少なくとも1つの支柱を有するので、製造の際のウェットプロセス、特に犠牲層の除去工程でビームが基板に吸着するのを抑えることができる。即ち、実効的にビームの長さが短くなり、表面張力が減少し、ビームが基板に吸着しようとする力を弱めることができる。支柱を有するので、ビームと基板間の空隙の間隔をより小さく設定することが可能になる。

支柱を有するので、所望の振動モード以外の不要な振動モードが抑制される。即ち、支柱が所望の振動モードの節に対応する位置に設けられることにより、不要な次数の振動モードが抑制され、所望の次数の振動モードを選択できる。

【0016】

本発明に係るMEMS型共振器の製造方法は、基板上に下部電極を形成する工程と、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達する開孔を選択的に形成する工程と、犠牲層上にビームを形成すると共に、開孔内にビームと基板に一体化した支柱を形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

本発明のMEMS型共振器の製造方法では、基板上に下部電極を形成し、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成した後、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達する開孔を選択的に形成するので、その後のビーム形成と同時に開孔内にビーム及び基板に一体の支柱を形成することができる。支柱を基板及びビームと一

体化して形成できるので、犠牲層を除去したときにビームが基板側に引きつけられるのを阻止することができる。

【0017】

本発明に係る他のMEMS型共振器の製造方法は、基板上に下部電極と支柱を形成する工程と、下部電極と支柱を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層上にビームを形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

本発明のMEMS型共振器の製造方法では、基板上に下部電極と支柱を形成するので、同じ材料層をパターンニングして下部電極と支柱を同時に形成することができる。その後の犠牲層に開孔を形成する等の工程が不要になり、工程の簡略化が図れる。ビームを形成し、犠牲層を除去したときに、支柱は基板と一体化するも上端がビームに接触しない状態で形成される。

【0018】

本発明に係る他のMEMS型共振器の製造方法は、基板上に下部電極を形成する工程と、下部電極を含む基板上に犠牲層を形成する工程と、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達しない深さの開孔を選択的に形成する工程と、犠牲層上にビームを形成すると共に、開孔内にビームと一体化した支柱を形成する工程と、犠牲層を除去する工程とを有する。

本発明のMEMS型共振器の製造方法では、犠牲層の支柱を形成すべき部分に基板に達しない深さの開孔を形成することにより、支柱がビームと一体化するも下端が基板に接触しない状態で形成される。開孔深さをコントロールすることにより、ビームと下部電極間の空隙よりも、支柱と基板間の空隙を小さくすること可能になり、犠牲層の除去時にビームが基板側に引きつけられるのを阻止できる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【0020】

図1は、本発明に係るMEMS型共振器の一実施の形態を示す。本実施の形態に係るMEMS型共振器27は、基板12の同一平面上に互いに所要の間隔を置

いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極 14 と高周波信号を出力する出力電極 15 と、これら入出力電極 14、15 に対向して空隙 16 を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極 17 と、基板 12 と振動電極 17 間に設けた支柱 24 とを有して成る。振動電極 17 は、入出力電極 14、15 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 14、15 の外側に配置した配線 18 に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）19〔19A, 19B〕で一体に支持される。

【0021】

支柱 24 は、振動電極 17 の所望の次数の振動モードに応じて 1 つ又は複数、本例では 2 次の振動モードに応じてその振動の節に対応した位置、即ち入力電極 14 と出力電極 15 との間の位置に設けられる。支柱 24 はその上下両端が振動電極 17 及び基板 12 と一体化している。

【0022】

基板 12 は、少なくとも絶縁性の表面を有した基板が用いられる。基板 12 は、例えば、シリコン（Si）やガリウム砒素（GaAs）などの半導体基板上に絶縁膜を形成した基板、石英基板やガラス基板のような絶縁膜性基板等が用いられる。本例では、シリコン基板 21 上にシリコン酸化膜 22 及びシリコン窒化膜 23 を積層した基板 12 が用いられる。入力電極 14、出力電極 15 及び配線層 18 は、同じ導電材料で形成し、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム（Al）などの金属膜にて形成することができる。振動電極 17 は、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム（Al）等の金属膜にて形成することができる。

【0023】

入力電極 14 には入力端子 t1 が導出され、入力端子 t1 を通じて入力電極 14 に高周波信号 S1 が入力されるようになす。出力電極 15 には出力端子 t2 が導出され、出力端子 t2 から目的周波数の高周波信号が出力されるようになす。振動電極 17 には所要の DC バイアス電圧 V1 が印加されるようになす。

【0024】

この MEMS 型共振器 27 の動作は次の通りである。

振動電極 17 には所要の DC バイアス電圧 V1 が印加される。入力端子 t1 を

通じて高周波信号 S1 が入力電極 14 に入力される。目的周波数の高周波信号が入力されると、振動電極 17 と入力電極 14 間に生じる静電力で図 3 に示すように、2 次の振動モードで振動電極 17 が共振する。この振動電極 17 の共振で出力電極 15 から出力端子 t2 を通じて目的周波数の高周波信号が出力される。

【0025】

そして、本実施の形態に係る MEMS 型共振器 27 によれば、図 2 に示すように、2 次の振動モード 25 の節に対応した位置に基板 12 及び振動電極 17 と一体化した支柱 24 を設けることにより、他の振動モード、例えば 1 次、3 次等の振動モードが抑制され、2 次の振動モード 25 のみを選択することができる。図 3 に示すように、1 次、2 次、3 次の多次の振動モードのうち（図 3A 参照）、2 次の振動モードのみを選択することができる（図 3B 参照）。この理由は、振動電極 17 の中央に支柱 24 があると、振動電極 17 が 1 次及び 3 次の振動モードでは振動できないため、1 次と 3 次の信号は透過しなくなるためである。

このように、所望の周波数のみの信号が透過することができ、共振器としての性能が向上する。

【0026】

また、支柱 24 を設置することにより、後述する製造工程中のウェットプロセスにおける振動電極 17 の基板 12 側への吸着を阻止することができる。これは、支柱により実効的に振動電極 17 の長さが短くなることにより、表面張力が減少し、振動電極が基板 12 側に吸着しようとする力が弱まるためである。振動電極 17 が吸着した共振器は動作しないため使用できない。しかし、本実施の形態の MEMS 型共振器 27 は振動電極 17 の基板 12 側への吸着が減少し、この種の共振器の歩留りを向上することができる。

振動電極 17 の膜厚をより薄く、あるいは振動電極 17 と入出力 14、15 間の空隙の間隔 d2 をより狭くすることが可能になる。間隔 d2 を小さくするほど信号量を大きくすることができる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

【0027】

また、支柱 24 を設置することにより、振動電極 17 が長くなったときにも、

振動電極 17 の強度を維持することができる。

【0028】

図 4 は、本発明に係る MEMS 型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態に係る MEMS 型共振器 28 は、3 次の振動モードが選択できるように構成した場合である。

本実施の形態の MEMS 型共振器 28 においても、基板 12 上に入力電極 14 及び出力電極 15 が形成され、入出力電極 14、15 に対向して振動電極 17 が配置されて成る。そして、本実施の形態においては、特に、2 つの支柱 24 [24A, 24B] を 3 次の振動モード 26 の 2 つの節に対応した位置に夫々設置して構成される。その他の構成は、図 1 と同様であるので対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0029】

本実施の形態に係る MEMS 型共振器 28 によれば、2 つの支柱 24A, 24B を設置することにより、3 次の振動モードを選択し、他の振動モードを抑制することができる。また、振動電極 17 の強度を維持し、ウェットプロセスでの振動電極 17 の基板側 12 への吸着を阻止することができる等、図 1 の実施の形態と同様の効果を奏する。

【0030】

MEMS 型共振器では、振動電極 17 となるビーム厚が $0.5\mu\text{m}$ 以下、ビーム長 $10\mu\text{m}$ 程度、ビーム 17 と下部電極 14、15 間の間隔 d_2 を 100nm 以下とするときには、ビーム 17 が基板側に確実に吸着する。これに対し、本実施の形態では吸着を阻止することができ、同時に例えば RF 共振器において多次の振動モードを用いるときに、高次の振動モードの選択が可能になる。

【0031】

図 7～図 8 は、上述の図 1 に示す MEMS 型共振器 27 の製造方法の例を示す。

先ず、図 7A に示すように、基板 12 上に電極となるべき導電膜 41 を形成する。本例ではシリコン基板 21 上に絶縁膜であるシリコン酸化膜 22 及びシリコン窒化膜 23 を積層した基板 12 を用いる。導電膜 41 としては、後の犠牲層と

エッチング比がとれる材料で形成する必要がある、本例では、多結晶シリコン膜で形成する。

【0032】

次に、図7Bに示すように、導電膜41をパターニングして入力電極14、出力電極15及び外側の配線層18を形成する。

次に、図7Cに示すように、入力電極14、出力電極15及び配線層18を含む全面に犠牲層42を形成する。犠牲層42は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（SiN）膜）及び多結晶シリコンによる各電極14、14, 32及び配線層18とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（SiO₂）膜で形成する。

【0033】

次に、図7Dに示すように、例えば化学機械研磨（CMP）法などにより犠牲層42を平坦化する。

【0034】

次に、図8Eに示すように、犠牲層42を選択エッチングして、両外側の配線層18上にコンタクト孔43を形成すると共に、入出力電極14、15間の位置即ち、本例では2次の振動モードの節に対応する位置に基板12に達する深さの開口45を形成する。

【0035】

次に、図8Fに示すように、コンタクト孔43、開口45内を含む犠牲層42上に振動電極及び支柱となる導電膜44、本例では、犠牲層42とエッチング比が多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電性膜44をパターニングして外側の両配線層18に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極17と、開口45内に有して振動電極17と基板12とに一体化された支柱24と形成する。振動電極17と配線層18間の部分が振動電極17を両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）19[19A, 19B]となる。

【0036】

次に、図8Gに示すように、犠牲層42をエッチング除去する。犠牲層42のエッチング除去は、本例ではシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェ

ットエッチングで行う。かくして、ビームとなる振動電極 17 と基板 12 間に支柱 22 を一体に有した目的の MEMS 共振器 27 を得る。

【0037】

本実施の形態の製造方法によれば、図 1 に示す MEMS 型共振器 27 を精度よく製造することが出来る。そして、振動電極 17 と基板 12 との間に、支柱 24 を形成することで、犠牲層 42 のウェットエッチング除去後に生じる振動電極 17 の基板 12 側の例えば、入力電極 14、出力電極 15 への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極 17 と入出力電極 14、15 との間の空間を更に小さくして信号量を大とした MEMS 型共振器 27 を精度良く製造することが出来る。

【0038】

図 5 は、本発明に係る MEMS 型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態は前述の図 1 と同様に 2 次の振動モードの共振器に適用した場合である。

本実施の形態に係る MEMS 型共振器 31 は、前述と同様に、基板 12 の同一平面上に互いに所要の間隔を置いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極 14 と高周波信号を出力する出力電極 15 と、これら入出力電極 14、15 に対向して空隙 16 を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極 17 と、基板 12 と振動電極 17 間に設けた支柱 24 とを有して成る。振動電極 17 は、入出力電極 14、15 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 14、15 の外側に配置した配線 18 に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）19〔19A、19B〕で一体に支持される。支柱 24 は、振動電極 17 の所望の次数の振動モードに応じて 1 つ又は複数、本例では 2 次の振動モードに応じてその振動の節に対応した位置である入力電極 14 と出力電極 15 との間に設けられる。

【0039】

そして、本実施の形態においては、特に、支柱 24 が、その一端を振動電極 17 に一体化すると共に、その他端を基板 12 に接触しないように基板 12 から僅かに離して構成される。この場合、支柱 24 の他端と基板 12 間の隙間 d_1 は、振動電極 17 と入出力電極 14、15 間の空隙 16 の間隔 d_2 より小さく設定す

る。

その他の構成は、前述の図 1 と同様であるので、図 1 と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0040】

本実施の形態に係る MEMS 型共振器 31 によれば、振動電極 17 と基板 12 間に 2 次の振動モードの節に対応した位置において、支柱 24 を形成したので、前述と同様に多次の振動モードのうち、2 次の振動モードを選択することができ、所望の高周波信号のみを透過することができる。また、支柱 24 を有するので、振動電極 17 の強度を維持し、製造過程のウェットプロセスにおける振動電極 17 の基板 12 側への吸着を阻止することができる。従って、振動電極 17 の膜厚をより薄く、あるいは振動電極 17 と入出力 14、15 間の空隙の間隔 d_2 をより狭くすることが可能になる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

【0041】

図 9～図 10 は、上述の図 5 に示す MEMS 型共振器の製造方法の例を示す。

先ず、図 9A～図 9D の工程は、前述の図 7A～図 7D の工程と同じである。即ち、図 9A に示すように、基板 12 上に電極となるべき導電膜 41 を形成する。本例ではシリコン基板 21 上に絶縁膜であるシリコン酸化膜 22 及びシリコン窒化膜 23 を積層した基板 12 上に多結晶シリコン膜による導電膜 41 を形成する。

次に、図 9B に示すように、導電膜 41 をパターニングして入力電極 14、出力電極 15 及び外側の配線層 18 を形成する。

次に、図 9C に示すように、入力電極 14、出力電極 15 及び配線層 18 を含む全面に犠牲層 42 を形成する。犠牲層 42 は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（SiN）膜）及び多結晶シリコンによる各電極 14、15、32 及び配線層 18 とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（SiO₂）膜で形成する。

次に、図 9D に示すように、例えば化学機械研磨（CMP）法などにより犠牲層 42 を平坦化する。

【0042】

次に、図10Eに示すように、犠牲層42を選択エッチングして両外側の配線層18上にコンタクト孔43を形成すると共に、入出力電極14、15間の位置、即ち、本例では2次の振動モードの節に対応する位置に基板12に達せず僅かに犠牲層42を残す深さの開口47を形成する。開口47内に残る犠牲層42の厚さd1は、入出力電極14、15上の犠牲層の膜厚d2より小に設定することが好ましい。

【0043】

次に、図10Fに示すように、コンタクト孔43、開口47内を含む犠牲層42上に振動電極及び支柱となる導電膜44、本例では、犠牲層42とエッチング比が多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電性膜44をパターニングして外側の両配線層18に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極17を形成する。振動電極17と配線層18間の部分が振動電極17と、開口46内に有して振動電極17に一体化した支柱22とを両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）19[19A、19B]となる。

【0044】

次に、図10Gに示すように、犠牲層42をエッチング除去する。犠牲層42のエッチング除去は、本例ではシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェットエッチングで行う。かくして、ビームとなる振動電極17と一体化され、基板12との間に少許の間隔d1を残して形成された支柱24を有して成る目的のMEMS共振器31を得る。

【0045】

本実施の形態の製造方法によれば、図5に示すMEMS型共振器31を精度よく製造することができる。即ち、本例においても、振動電極17と基板12の間に支柱24を形成することで、犠牲層42のウェットエッチング除去後に生じる振動電極17の基板12側の例えば入力電極14、出力電極15への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極17と入出力電極14、15との間に空隙を更に小さくして信号量を大きくしたMEMS型共振器31を精度良く製造することができる。

【0046】

図6は、本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態は前述の図1と同様に2次の振動モードの共振器に適用した場合である。

本実施の形態に係るMEMS型共振器32は、前述と同様に、基板12の同一平面上に互いに所要の間隔を置いて配置された下部電極、即ち本例では高周波信号を入力する入力電極14と高周波信号を出力する出力電極15と、これら入出力電極14、15に対向して空隙16を挟んで配置されたビーム、すなわち振動電極17と、基板12と振動電極17間に設けた支柱24とを有して成る。振動電極17は、入出力電極14、15をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極14、15の外側に配置した配線18に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）19〔19A、19B〕で一体に支持される。支柱24は、振動電極17の所望の次数の振動モードに応じて1つ又は複数、本例では2次の振動モードに応じてその振動の節に対応した位置である入力電極14と出力電極15との間に設けられる。

【0047】

そして、本実施の形態においては、特に、支柱24が、その一端を基板12に一体化すると共に、その他端を振動電極17に接触しないように振動電極17から僅かに離して構成される。この場合、支柱24の他端と振動電極17間の間隔d3は、振動電極17と入出力電極14、15間の空隙16の間隔d2より小さく設定することが好ましい。なお、間隔d3は間隔d2と等しく設定することが可能である。

その他の構成は、前述の図1と同様であるので、図1と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0048】

本実施の形態に係るMEMS型共振器31によれば、振動電極17と基板12間に2次の振動モードの節に対応した位置において、支柱24を形成したので、前述と同様に多次の振動モードのうち、2次の振動モードを選択することができ、所望の高周波信号のみを透過することができる。また、支柱24を有するので、振動電極17の強度を維持し、製造過程のウェットプロセスにおける振動電極

17の基板12側への吸着を阻止することができる。従って、振動電極17の膜厚をより薄く、あるいは振動電極17と入出力14、15間の空隙の間隔d2をより狭くすることが可能になる。従って、共振器としての性能を向上することができる。

【0049】

図11～図12は、上述の図6に示すMEMS型共振器32の製造方法の例を示す。

図11Aに示すように、前述の図7Aと同様に基板12上に電極となるべき導電膜41を形成する。本例ではシリコン基板21上に絶縁膜であるシリコン酸化膜22及びシリコン窒化膜23を積層した基板12上に多結晶シリコン膜で形成する。

【0050】

次に、図11Bに示すように、導電膜41をパターニングして入力電極14、出力電極15、外側の配線層18及び支柱24を形成する。

次に、図11Cに示すように、入力電極14、出力電極15、配線層18及び支柱24を含む全面に犠牲層42を形成する。犠牲層42は、下地の絶縁膜（本例では、シリコン窒化（SiN）膜）及び多結晶シリコンによる入出力電極14、15、配線層18及び支柱24とエッチング比がとれる材料、本例ではシリコン酸化（SiO₂）膜で形成する。

【0051】

次に、図11Dに示すように、例えば化学機械研磨（CMP）法などにより犠牲層42を平坦化する。

【0052】

次に、図12Eに示すように、両外側の配線層18上の犠牲層42に選択エッチングによりコンタクト孔43を形成する。

【0053】

次に、図12Fに示すように、コンタクト孔43内を含む犠牲層42上に振動電極となる導電膜44、本例では、犠牲層42とエッチング比が多結晶シリコン膜を形成する。その後、この導電性膜44をパターニングして外側の両配線層1

8に接続された多結晶シリコン膜からなる振動電極17を形成する。振動電極17と配線層18間の部分が振動電極17を両持ち梁構造として支持する支持部（アンカー）19[19A, 19B]となる。

【0054】

次に、図12Gに示すように、犠牲層42をエッチング除去する。犠牲層42のエッチング除去は、本例ではシリコン酸化膜であるので、フッ酸溶液によりウェットエッチングで行う。かくして、基板12と一体化され、ビームとなる振動電極17との間に少許の間隔d3を残して形成された支柱24を有してなる。目的のMEMS共振器32を得る。

【0055】

本実施の形態の製造方法によれば、図6に示すMEMS型共振器32を精度よく製造することができる。即ち、本例においても、振動電極17と基板12の間に支柱24を形成することで、犠牲層42のウェットエッチング除去後に生じる振動電極17の基板12側の例えば入力電極14、出力電極15への貼り付き（ステッキング）を防ぐことができる。従って、振動電極17と入出力電極14、15との間に空隙を更に小さくして信号量を大きくしたMEMS型共振器32を精度良く製造することができる。

【0056】

上述においては、基板12上に振動電極17に対向して入力電極14及び出力電極15を配置したMEMS型共振器に適用したが、本発明の支柱は図14に示すMEMS型共振器の基板2と振動電極7間に設けることも可能である。

【0057】

【発明の効果】

本発明に係るMEMS型共振器によれば、ビームと基板間に支柱を設置することにより、製造過程でのウェットプロセスにおけるビームの基板への吸着を抑制することができ、MEMS型共振器の歩留りを向上することができる。支柱を設置することにより、不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードの選択が可能になる。

即ち、支柱を所望の次数の振動モードの節に対応した位置に設置することによ

り、所望の振動モード以外の不要な振動モードを抑制することができる。従って、所望の周波数のみの信号が透過するようになり、共振器としての性能が向上する。

支柱を設置することにより、ビームが長くなったときにも、ビームの強度を維持することができる。また、ビームと下部電極との間の空隙間隔をより小さくすることが可能になり、大きな信号量を得ることができる。

【0058】

支柱の上下両端がビーム及び基板と一体化しているときは、より確実に不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードのみを選択できる。

支柱の上下両端のいずれか一方がビーム又は基板と一体化されてなくとも、不要な次数の振動モードを抑制し、所望次数の振動モードのみを選択することができる。

【0059】

基板の下部電極が高周波信号の入力電極と高周波信号の出力電極とか成るときは、支柱を有する効果に加えて、入出力間に構成される寄生容量を低減し、ノイズ成分を低減することができる。従って、S/N比の高い共振器を提供できる。

【0060】

本発明に係るMEMS型共振器の製造方法によれば、支柱を形成する工程を有することにより、ウェットプロセスにおけるビームの基板への吸着現象を抑制し、また所望次数の振動モードで駆動するMEMS型共振器を、歩留り良く製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るMEMS型共振器の一実施の形態を示す構成図である。

【図2】

図1のMEMS型共振器の動作説明図である。

【図3】

A MEMS型共振器の周波数—信号透過量の説明図である。

B 本発明のMEMS型共振器の周波数—信号透過量の説明図である。

【図 4】

本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

【図 5】

本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

【図 6】

本発明に係るMEMS型共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

【図 7】

A～D 図1のMEMS型共振器の製造工程図（その1）である。

【図 8】

E～G 図1のMEMS型共振器の製造工程図（その2）である。

【図 9】

A～D 図5のMEMS型共振器の製造工程図（その1）である。

【図 10】

E～G 図5のMEMS型共振器の製造工程図（その2）である。

【図 11】

A～D 図6のMEMS型共振器の製造工程図（その1）である。

【図 12】

E～G 図6のMEMS型共振器の製造工程図（その2）である。

【図 13】

先行技術に係るMEMS型共振器の構成図である。

【図 14】

従来のMEMS型共振器の構成図である。

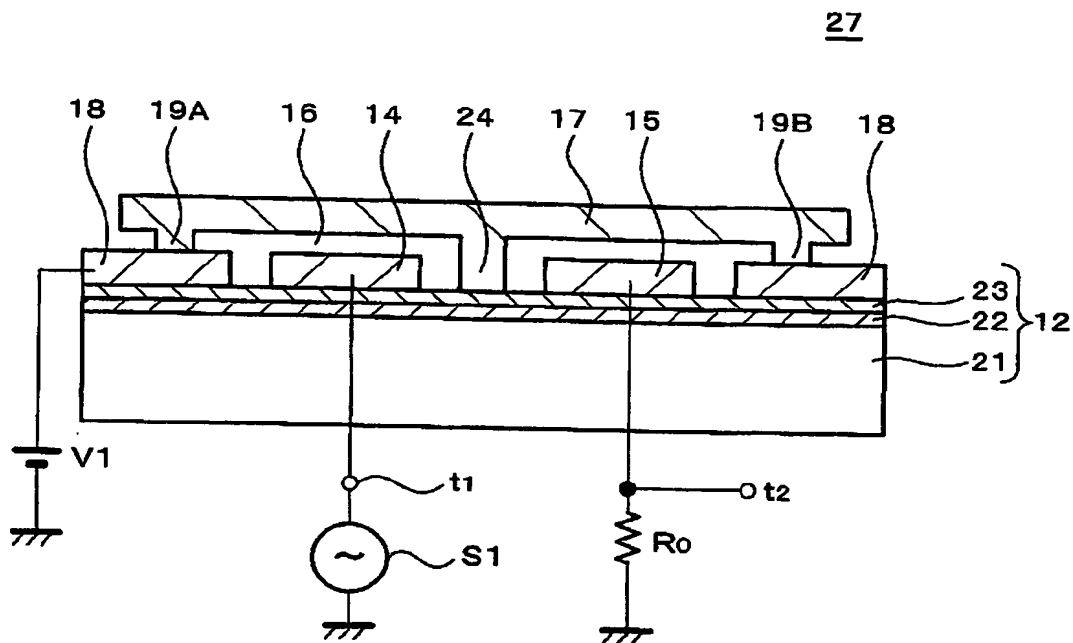
【符号の説明】

1・・・振動素子、2・・・半導体基板、3・・・絶縁膜、4・・・入力側配線層、11、27、28、31、32・・・MEMS型共振器、12・・・基板、14、14A、14B・・・入力電極、5、15・・・出力電極、6、16・・・空隙、7、17・・・振動電極、18・・・配線層、8[8A、8B]、19[19A、19B]・・・支持部、21・・・シリコン基板、22・・・シリコン酸化膜、23・・・シリコン窒化膜、24[24A、24B]・・・支柱、25・・・2次の振動モード、26・・・3次

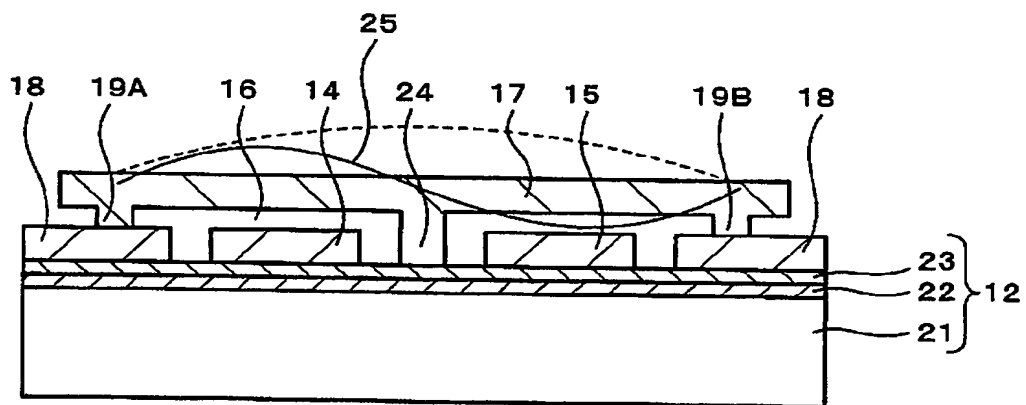
の振動モード、32[32A, 32B]・・・接地電極、41・・・導電膜、42・・・
犠牲層、43・・・コンタクト孔、44・・・導電膜、45, 47・・・開口

【書類名】 図面

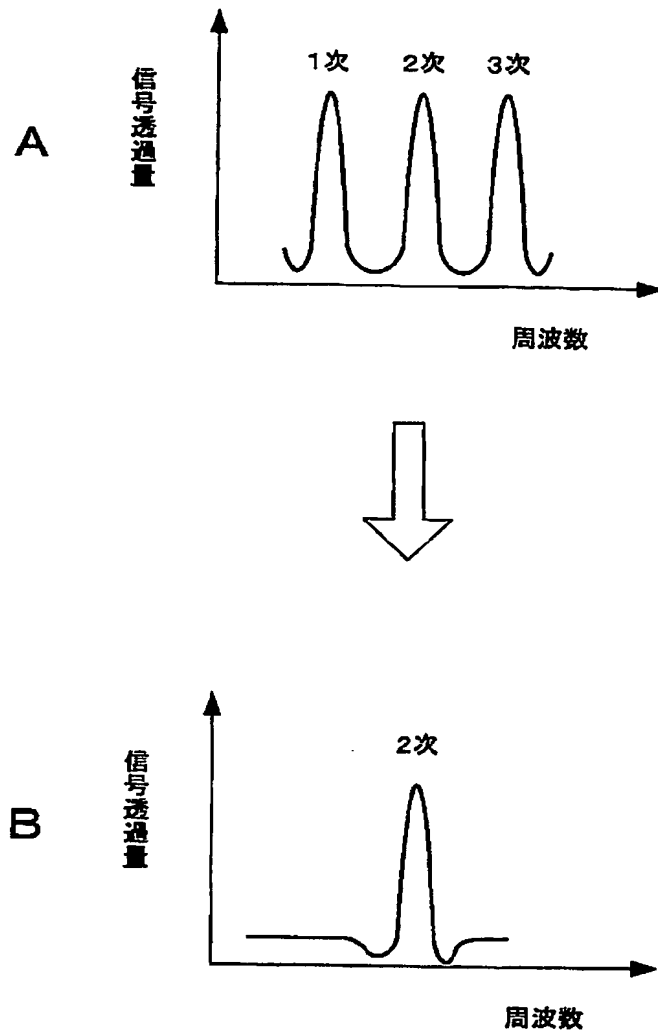
【図 1】



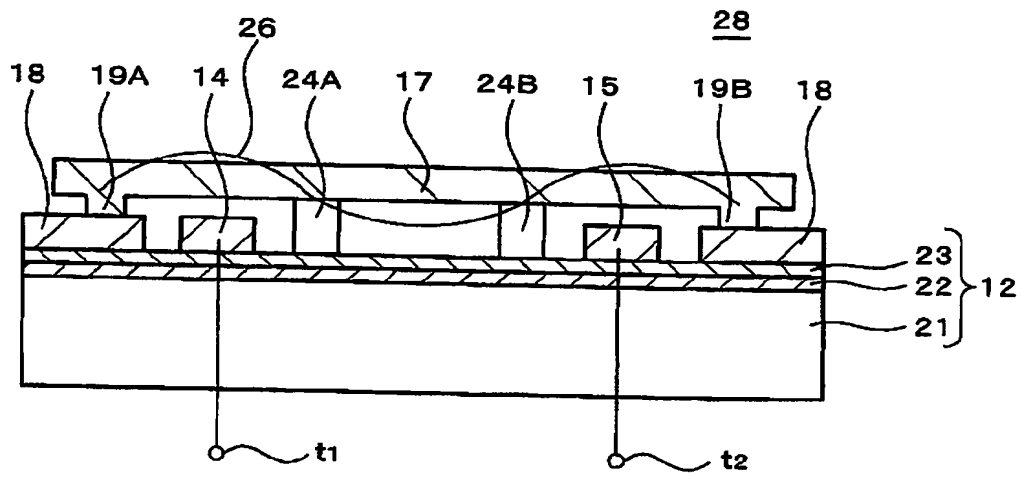
【図 2】



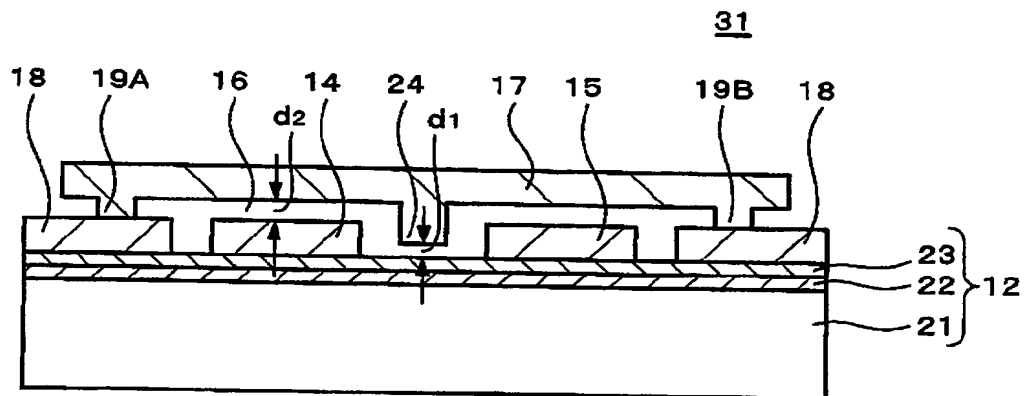
【図 3】



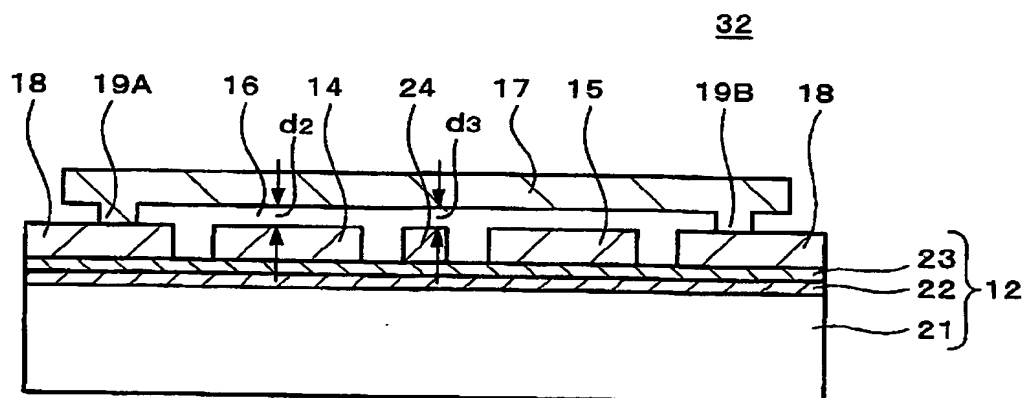
【図 4】



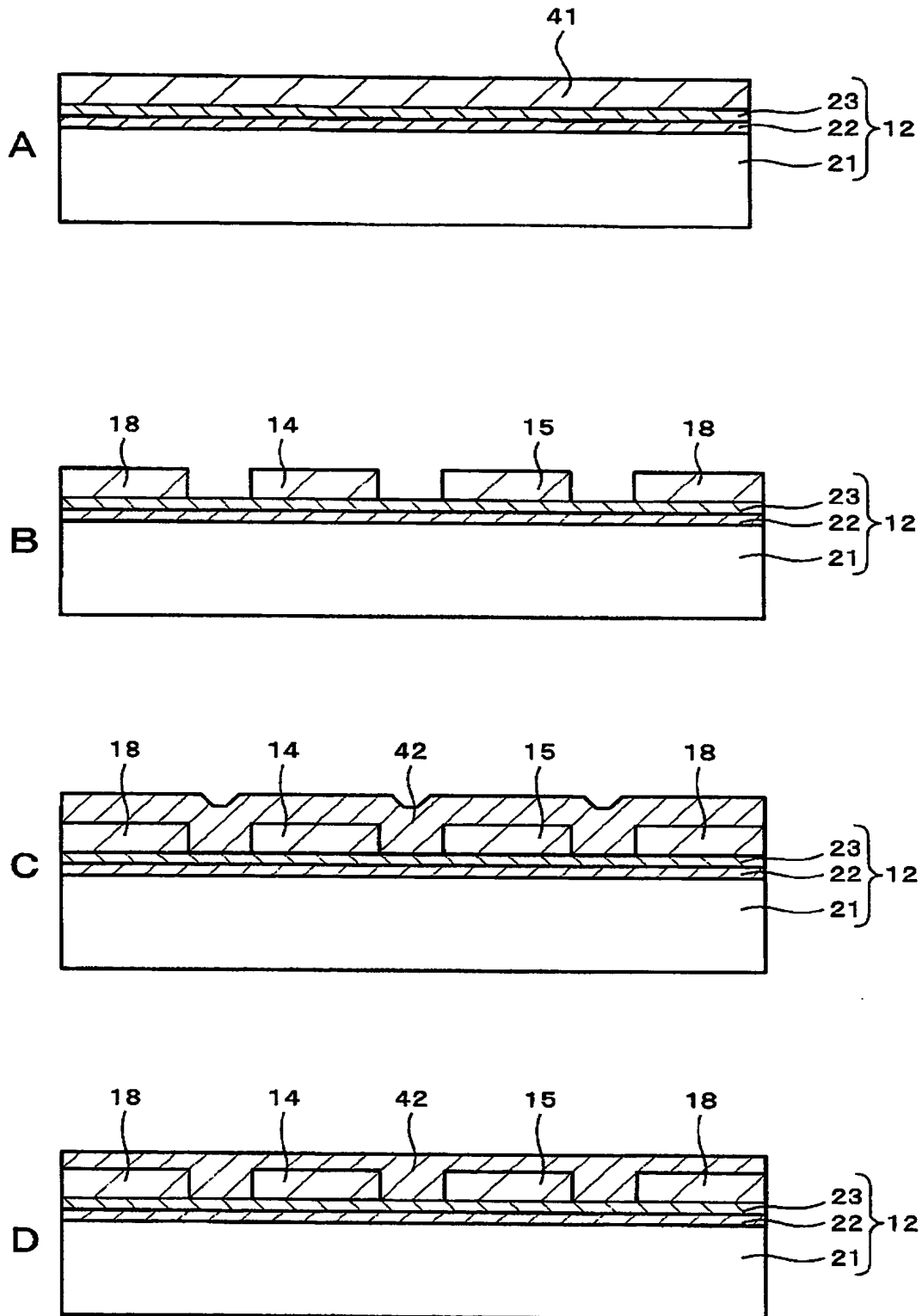
【図 5】



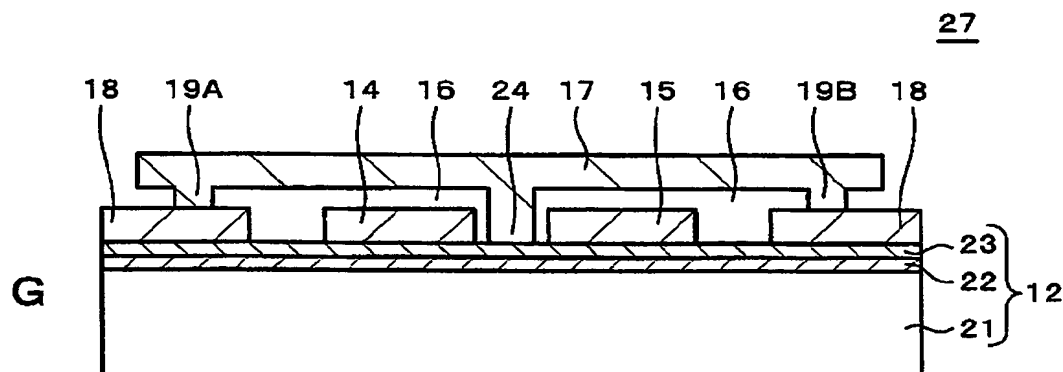
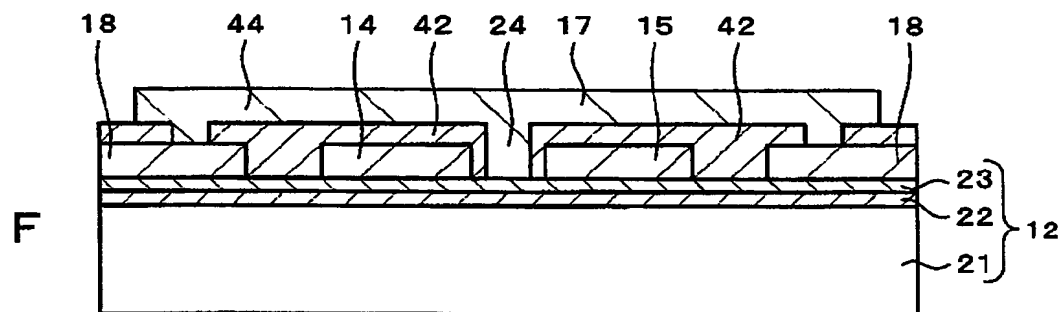
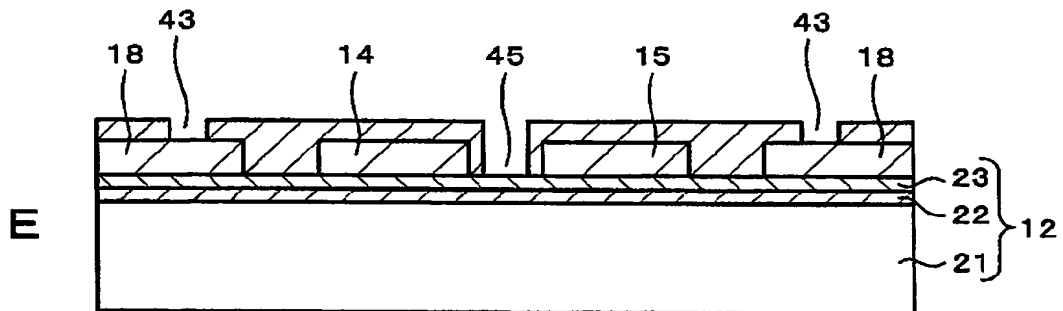
【図 6】



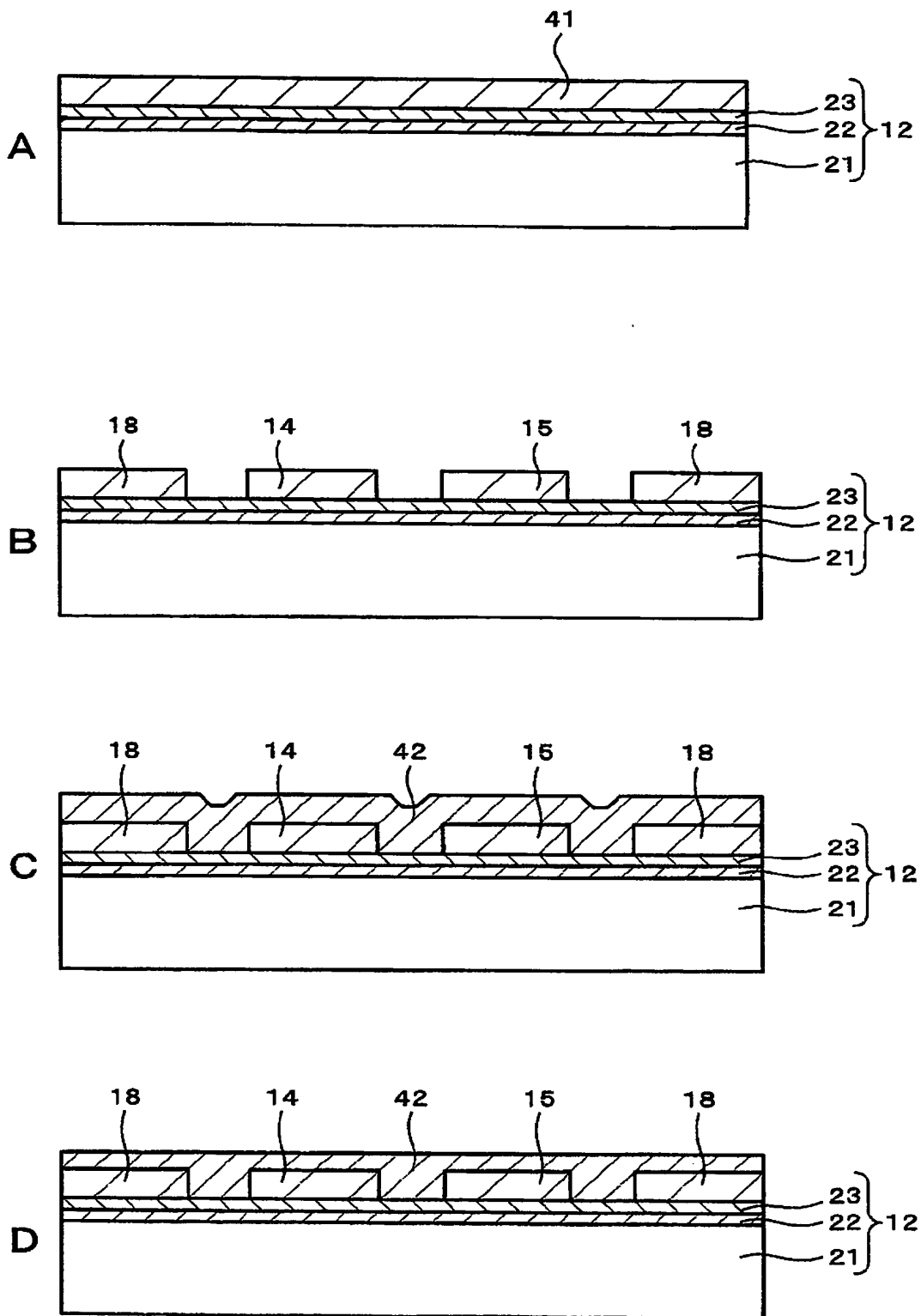
【図 7】



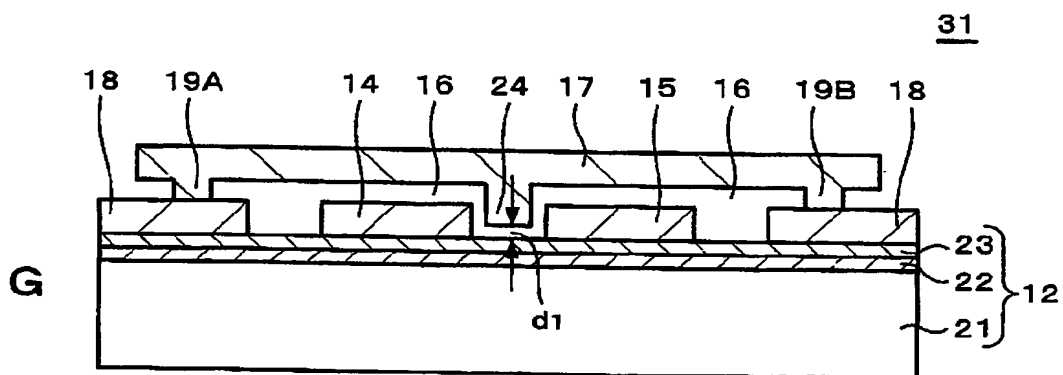
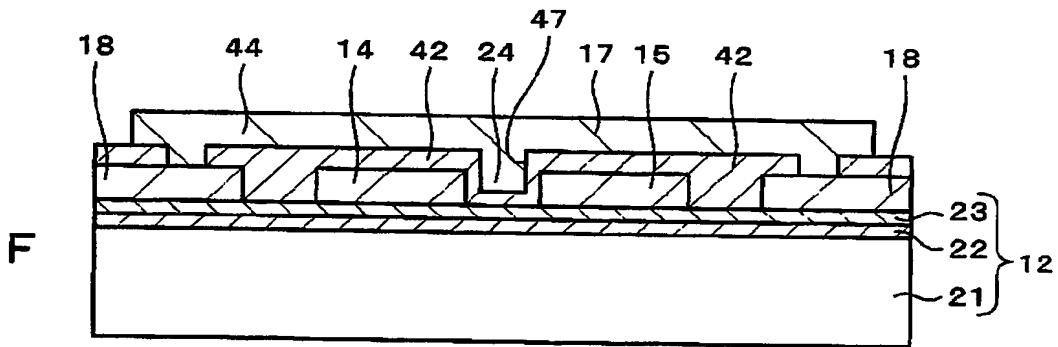
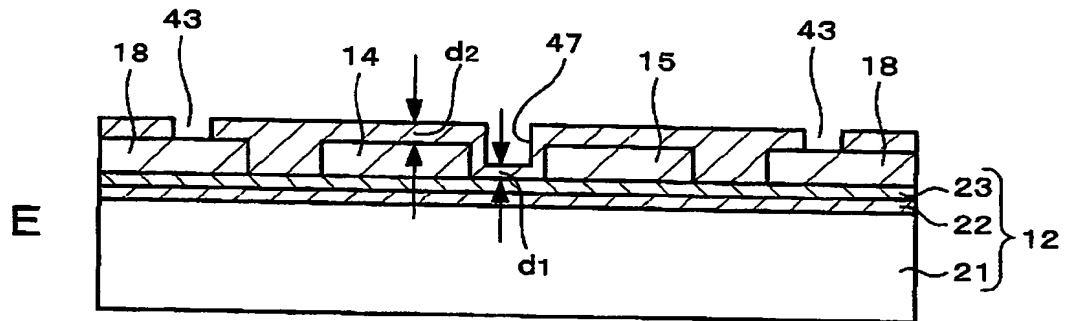
【図 8】



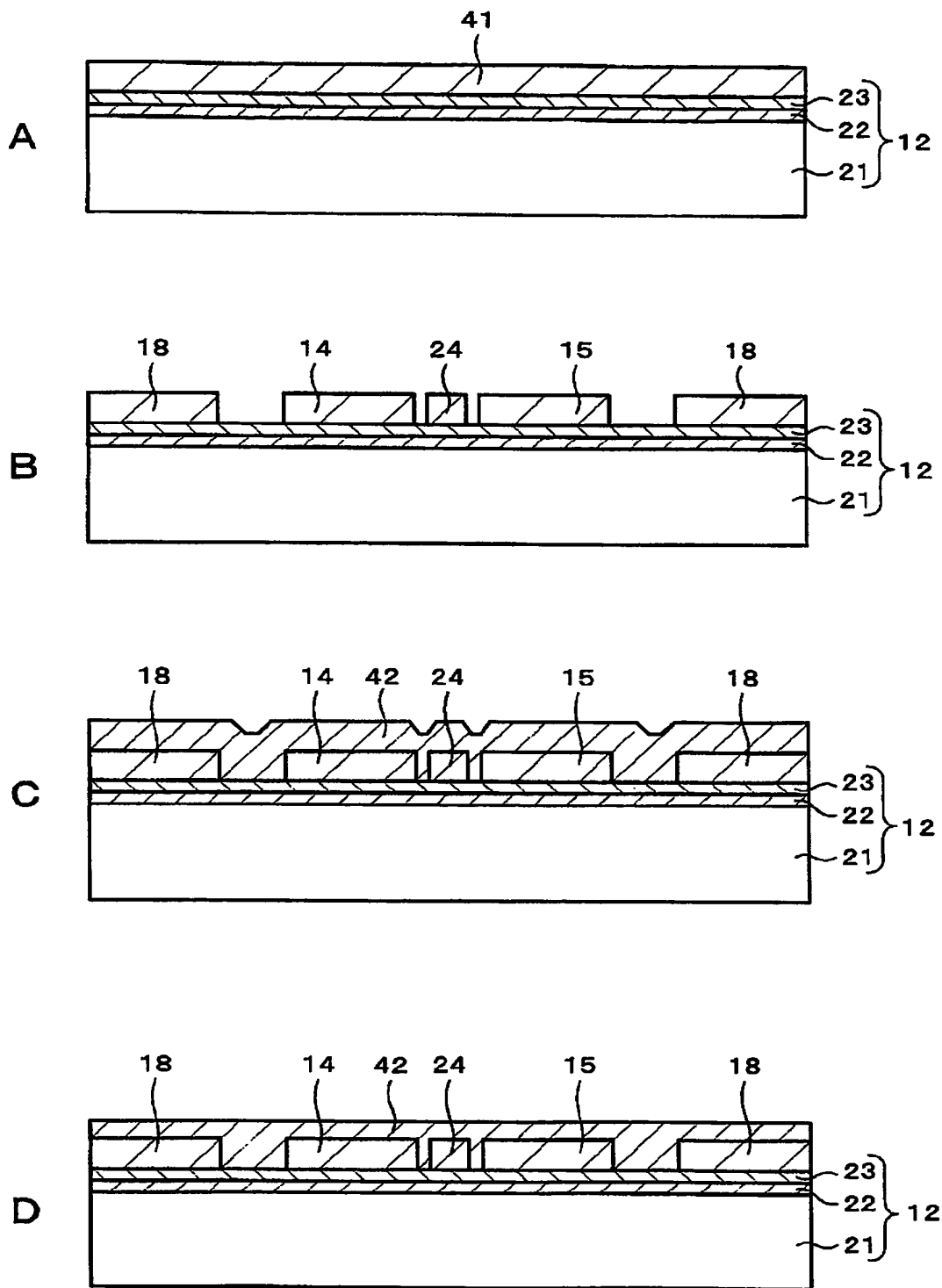
【図 9】



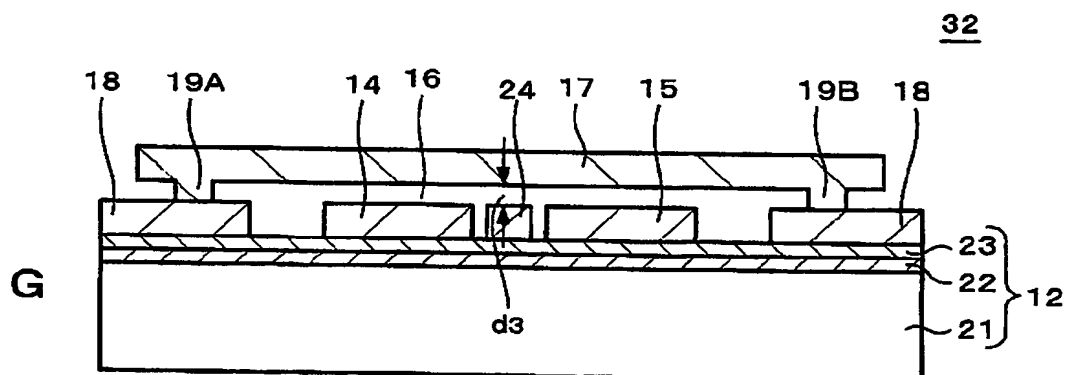
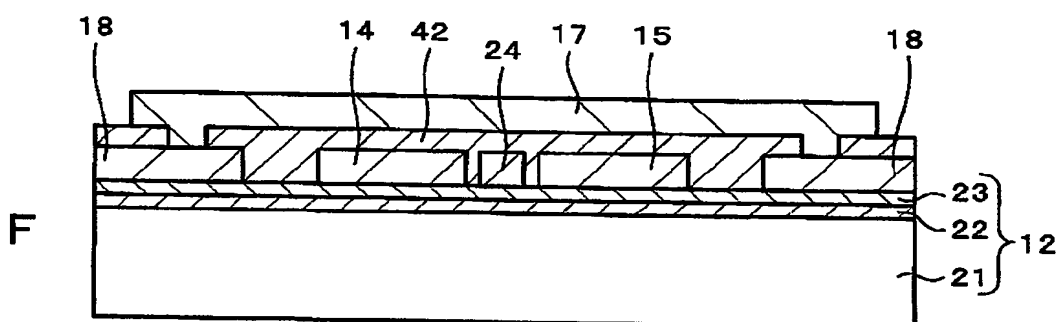
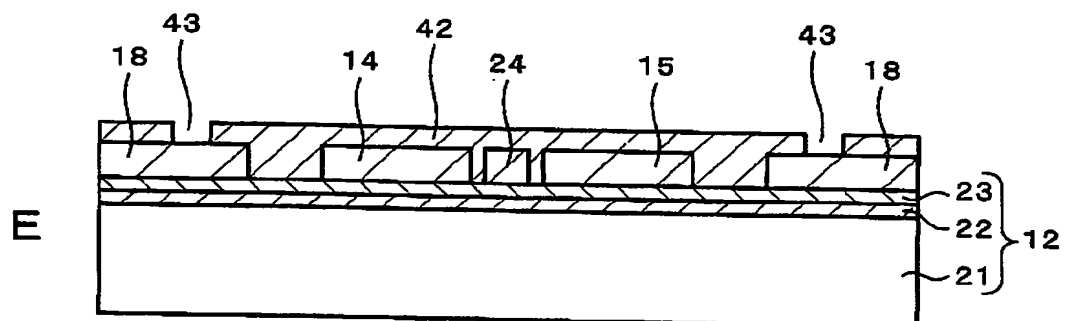
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 MEMS 製造工程時のウェットプロセスによるビームの基板への吸着を抑え、また、動作時に所要の振動モード以外の不要な振動モードが混在しない MEMS 型共振器及びその製造方法を提供するものである。

【解決手段】 MEMS 型共振器 27 は、下部電極 14、15 が形成された基板 12 と基板上に形成されたビーム 17 とを備え、基板 12 とビーム 17 の間に少なくとも 1 つの支柱 24 を有して成る構成とする。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-201967
受付番号	50301236217
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成15年 7月28日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000002185
【住所又は居所】	東京都品川区北品川6丁目7番35号
【氏名又は名称】	ソニー株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】	100122884
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル 信友国際特許事務所
【氏名又は名称】	角田 芳末

【選任した代理人】

【識別番号】	100113516
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル
【氏名又は名称】	磯山 弘信

特願 2 0 0 3 - 2 0 1 9 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社